ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.791

Ю.Г. ЛЮДМИРСКИЙ, М.В. СОЛТОВЕЦ, А.Н. ГРИЦЫНА

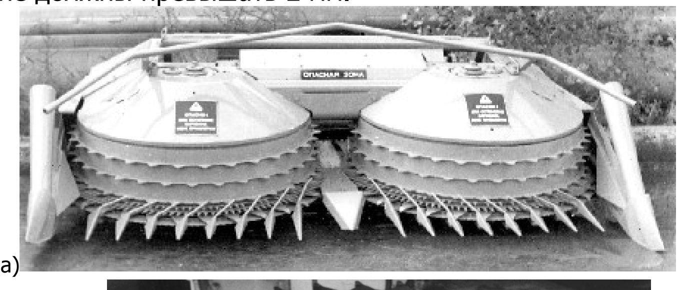
РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Изложен опыт создания роботизированных сварочных технологических комплексов (РТК) с использованием принципов организационно-технологического проектирования. Рассмотрены организация, технология и оборудование участка сварки барабанов роторной жатки комбайна «Дон-680».

Ключевые слова*: сварка, робот, организационно-технологическое проектирование, принципы проектирования, жатка, барабан.*

Введение. В работе [1] изложены принципы организационно-технологического проектирования (ОТП) роботизированных технологических комплексов для сборки и сварки объемных, крупногабаритных конструкций малой жесткости. В качестве примера использования этих принципов и приёмов уменьшения влияния сварочных деформаций на точность сварной конструкции рассмотрим опыт создания сварочного участка для изготовления барабанов жатки ЖР-3500 комбайна «Дон-680» с помощью неадаптивных дуговых роботов.

Конструкция жатки и входящий в её состав сварной барабан показаны на рис. 1. При изготовлении одного барабана, диаметр которого составляет 1800 мм, выполняется 356 коротких швов общей длиной 21 м, при этом наплавляется 3,8 кг сварочной проволоки. К геометрии барабана предъявляются жёсткие требования. Его радиальное и торцевое биения после сварки не должны превышать 2 мм.



а)



б)

Рис.1. Роторная жатка «ЖР-3500» комбайна «Дон-680»:
а - общий вид; б - конструкция барабана жатки

Реализация принципов организационного технологического проектирования. Широко распространенным технологическим приёмом снижения сварочных деформаций является предварительная сборка на прихватках конструкции в целом, обеспечивающая ее максимальную жесткость, и только затем ее сварку. В данном случае традиционный прием оказался неприемлемым, поскольку сварочные деформации от выполнения всех швов суммируются, увеличивая биения барабана. Кроме того, становится невозможной сварка роботом всех его внутренних сварных швов. В связи с этим, в соответствии с принципами п.1 [1], конструкцию барабана расчленили на три технологических узла, как показано на рис. 2. Барабан изготовляется на трёх роботизированных сборочно-сварочных комплексах, объединённых в технологически самостоятельный участок. Сварку узлов Т-1 и Т-2 выполняли на РТК-1, остов (узел Т-3) – на РТК-2, сборку и сварку барабана – на РТК-3.

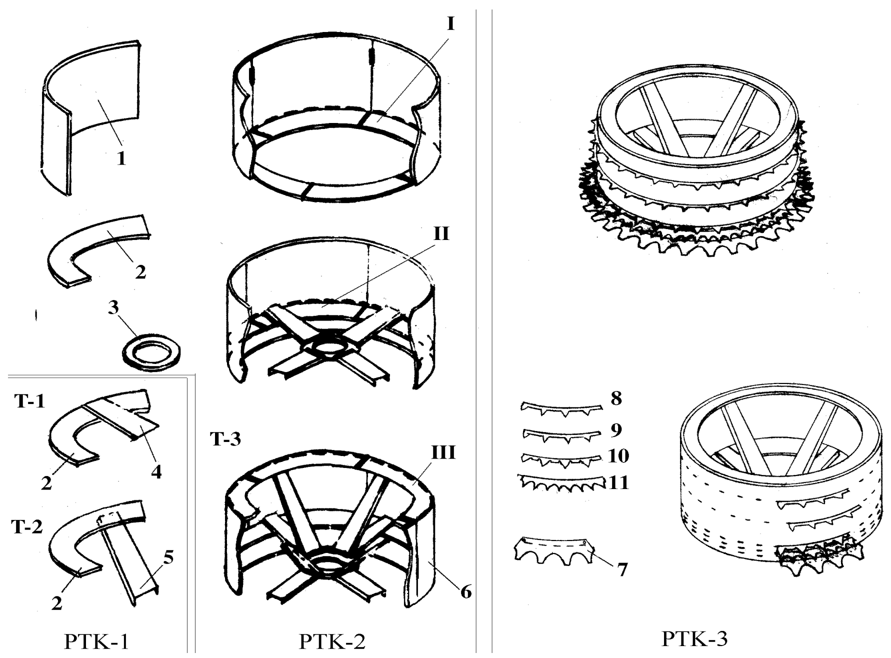


Рис. 2. Схема конструктивно-технологического расчленения барабана на сборочные единицы

На РТК-1 приспособления размещены попарно на двух столах, которые обслуживает сварочный робот типа IR-161/15. Каждое рабочее место имеет отдельный пульт управления. Оператор РТК и робот поочерёдно собирают и сваривают пару узлов Т-1 и Т-2 на разных рабочих столах. Для уменьшения деформаций, изменяющих радиус сегментов, к ним прикладывали активную растягивающую силу (п.4.8, [1]).

Поскольку проектная точность барабана реализуется в основном на РТК-2, рассмотрим операции, выполняемые на нём более детально. На рис.3 показана конструкция кондуктора. Стенки барабана устанавливаются внешней поверхностью по базам шестнадцати управляемых постоянных

магнитов 3 и 4. Точность цилиндрической поверхности обеспечивается возможностью регулировки положения этих магнитов. Принцип их работы описан в работе [4]. Базовые поверхности магнитов образуют проектную цилиндрическую поверхность. В соответствии с принципами (пункты 2.1-2.5, приведенные в [1]) это позволяет не только правильно установить и фиксировать детали в пространстве, но и, учитывая их малую жесткость, придать им требуемую форму. Такое решение продиктовано значительной вариацией размеров и формы реальных деталей. Фланец устанавливают в проектное положение на цилиндрическую оправку 23 и фиксируют с помощью четырёх магнитов 5. Позиционирование остальных элементов остова осуществляется с помощью системы баз 12, 13, 22 и механических прижимов 10, 19.

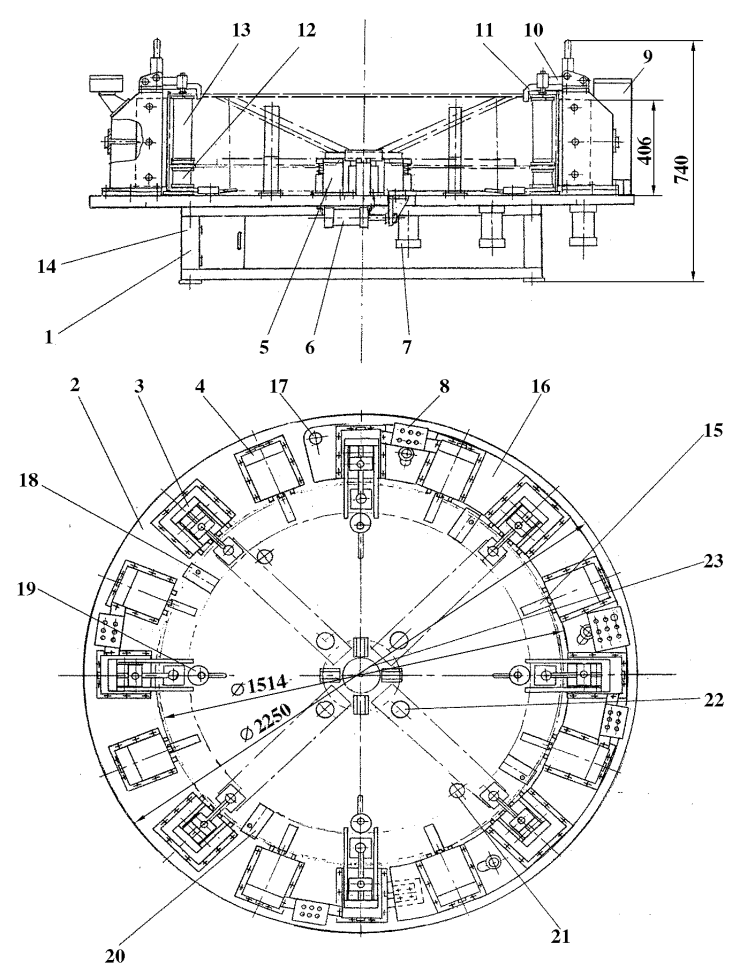


Рис.3. Конструкция кондуктора для сборки и сварки остова барабана

Размеры области качества для катета 5 мм показывают, что угловые сварные швы этого размера получаются качественными, если отклонение электрода от линии сопряжения деталей не превышает 1,4 мм, а зазор между ними -1,6 мм [2]. Расчет размерных цепей и опыт эксплуатации РТК

показали, что кондуктор обеспечивает указанную точность позиционирования свариваемых кромок.

Изготовление остова барабана производят в три этапа, методом последовательного наращивания, который обеспечивает свободный доступ горелки к местам сварки. На этапе I устанавливают стенки 1, образующие обечайку 6, и сегменты 2 нижнего пояса (см. рис.3, РТК II). На этапе II - узлы Т-1 и фланец 3. На этапе III – узлы Т-2. В пределах каждого этапа в первую очередь приваривают сегменты к стенкам. В этом случае поперечная усадка швов не вызывает отрыв стенок от магнитов. Затем сваривают сегменты между собой, что позволило значительно уменьшить влияние усадочных сил на форму остова и положение фланца относительно стенок. В последнюю очередь выполняют нахлёсточные соединения, прикрепляющие спицы 4 и связи 5 к фланцу, что практически исключило воздействие сварочных деформаций ранее сваренных швов на радиальное и торцевое биение остова барабана. В соответствии с принципом п. 1.5 [1] швы, соединяющие фланец со спицами, выполняют в диаметрально противоположных местах и без остановки робота. В противном случае усадка швов приводит к появлению биения остова барабана, превышающего допустимое значение. При сварке роботом выполнение назначенного порядка швов, скорости сварки и размеров швов гарантировано, что обеспечивает стабильность качества швов и геометрию изделия. С целью повышения технологичности остова барабана угловые соединения в верхнем поясе сегментов заменили тавровыми (п. 3.4, [1]). Качество сварных тавровых соединений зависит в основном от величин смещения проволоки, от реального положения линии стыка и зазора в соединении. Допустимые значения указанных величин для сельскохозяйственного машиностроения ограничивают областями качества, полученными для значений катета шва 3 – 6 мм в работе [2]. Вероятность получения качественных сварных соединений в остове барабана оценивали с помощью разработанной имитационной модели, описанной в работе [5].

Эта вероятность характеризует расположение совокупности экспериментальных точек относительно области качества и позволяет оценить правильность принятых конструктивно-технологических решений. Используя данную методику, установили, что вероятность получения качественных сварных соединений фланца с узлами Т-1 и Т-2 составляет 0,99, для остальных тавровых соединений - 0,96. В соответствии с принятой разбивкой на технологические узлы (см. рис.2) для завершения изготовления барабана на РТК-3 к его остову Т-3 приваривают четыре пояса гребёнок 8, 9, 10, 11 и по торцу – пояс съёмников 7. При этом в силе остаются приведенные выше жёсткие требования к точности геометрии барабана. В соответствии с чертежом основной базовой поверхностью узла является плоскость, образованная восемью секциями съёмника, прилегающими к нижнему торцу остова. В конечном счёте все допуски на биения барабана заданы относительно этой плоскости, параллельно которой располагаются фланец, пояса гребёнок, а также вращающийся ротор жатки. Уменьшив высоту вы-

ступа, входящего в прорезь стенки, удалось заменить выполнение двух угловых швов на один стыковой (п. 3.6., [1]). По прочности такое соединение не уступает проектному, при этом угловые деформации практически отсутствуют.

Рис. 4. Кондуктор-позиционер для сборки и сварки барабана

Конструкция кондуктора-позиционера, входящего в РТК-3, представлена на рис.4. Барабан устанавливают вертикально, базируя на фланец пиноли 5, вращающейся в подшипниках 4. Пиноль перемещается в салазках 8 пневмоцилиндром 2 и имеет прижим 7 с вращающимся пневмоцилиндром 3. Гребенки с помощью откидного башмака 19 фиксируют в прорезях стенки остова и поворотом вручную вводят в блок ложементов 14. Сборка четверти барабана осуществляется за два поворота на 45^0. Вертикальный пневмоприжим 13 и система прижимов 15 для каждой гребенки обеспечивают фиксацию гребенок в проектном положении. Приварку гребенок на четверти барабана производят роботом в нижнем положении. Формирование швов, расположенных на наклонных (до 40°) частях стенки, остаётся удовлетворительным при их сварке «на спуск» (п. 4.9, [1]). С целью увеличения ширины шва и снижения требований к точности позиционирования электрода использовали поперечные колебания горелки с амплитудой 3,5 мм (п. 3.8, [1]). На каждой позиции приваривают также по две секции съемника, которые устанавливают на регулируемые отводные базы 10, фиксируют съемными пальцами 9 и прижимают к остову через систему рычагов пневмоцилиндрами 22. Расположение прорезей на четырёх стенках остова идентично, поэтому сварку выполняют при четырёхкратном позиционировании узла с поворотом его на 90° (п. 1.2, [1]).

Все три описанных РТК были объединены в отдельный участок роботизированной сварки барабанов. Схема размещения оборудования на участке показана на рис.5. Технологические узлы Т-1 и Т-2, сваренные на РТК-1, складируются в стеллажах 1 и 2 отдельно для левого и правого барабанов. Перед сборкой остовов на РТК-2 входящие в них стенки проходят 100%-ный контроль формы на приспособлении 3. Сваренные на РТК-2 остовы барабанов вначале попадают в стеллаж 4, а затем поступают на позицию 5, где контролируется их торцевое и радиальное биения. С помощью тельфера 8, через складские места 6 остовы барабанов попадают на РТК-3, где производится окончательная сварка барабанов. Каждый сваренный барабан поступает на место контроля 7. На нём за один оборот барабана в автоматическом режиме измеряется радиальное и торцевое биения зубьев относительно фланца, на который устанавливается барабан в составе жатки. На этом же рабочем месте контролируют сварные соединения и при необходимости с помощью полуавтомата 11 подваривают швы, имеющие отклонения от требуемой геометрии. Проконтролированные барабаны с помощью конвейера 9 передаются на склад готовой продукции 10.

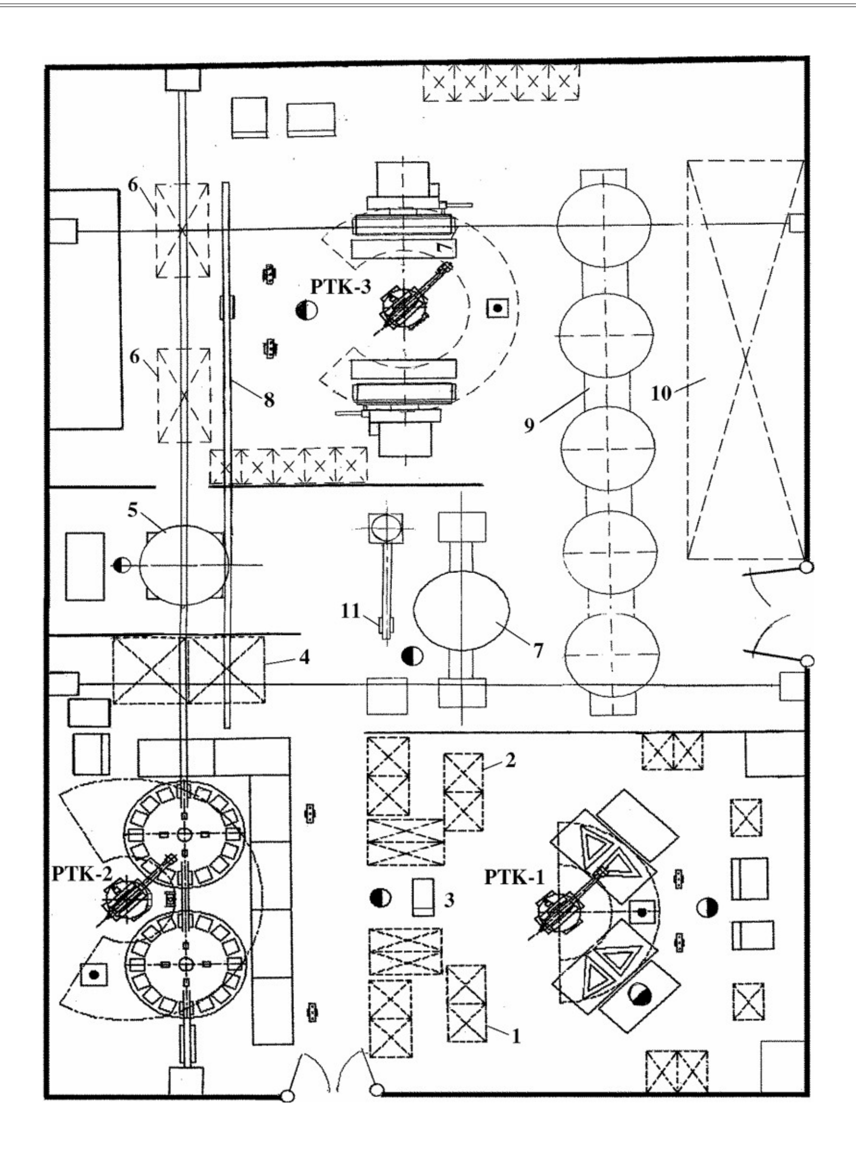


Рис. 5. Схема участка роботизированной сварки барабана

Выводы. 1. Многолетний опыт разработки и внедрения РТК для сварки маложёстких, крупногабаритных конструкций подтвердил эффективность использования принципов ОТП.

2. В успешной реализации проектов роботизированной дуговой сварки определяющую роль играет анализ технологичности изделий, который следует проводить на всех стадиях разработки и внедрения РТК. Особое значение имеют расчленение изделия на технологические узлы и анализ условий, обеспечивающих качество сварных соединений.

3. Основными требованиями при разработке технологического оборудования и оснастки, входящих в состав РТК, являются:

- обеспечение точности и стабильности позиционирования деталей, достаточных для получения качественных сварных соединений;

- реализация в оборудовании конструктивно-технологических решений, позволяющих исключить или учесть влияние временных и остаточных сварочных деформаций на обеспечение заданных пределов отклонений размеров и геометрической формы свариваемого изделия;
- возможность регулировки и надёжная фиксация базовых элементов оборудования;
- обеспечение усилия прижатия деталей, достаточного для исключения влияния на точность позиционирования отклонений их формы и размеров от проектных значений;
- создание оборудования, контролирующего форму и размеры как отдельных сборочных единиц, так и готового изделия, а также системы обслуживания РТК, позволяющей фиксировать, проводить статистическую обработку полученных результатов и оперативно воздействовать на систему «РТК – изделие - оператор», обеспечивая требуемое качество.

Библиографический список

1. Людмирский Ю.Г., Солтовец М.В., Грицына А.Н. Принципы организационно-технологического проектирования роботизированных сварочных комплексов.// Вестник ДГТУ. – 2007. – Т.7. - №1(32). – С.47-54.

2. Людмирский Ю.Г., Солтовец М.В., Юрова С.А. Условия обеспечения качественных сварных соединений при дуговой сварке неадаптивными роботами. // Сварные конструкции и технология их изготовления: Сб. науч. ст. - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 1998. - С 55-67.

3. Людмирский Ю.Г. Роботизация производства маложёстких сварных конструкций. - Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2002. – 139 с.

4. Опыт разработки и эксплуатации сварочных РТК в селхозмашиностроении / Ю.Г. Людмирский, А.Д. Юров, А.М. Харсеев, Н.И. Грицина //Современные проблемы сварочной науки и техники: Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., 27-30 сент. - Ростов н/Д, 1993.-С.165-166.

5. Людмирский Ю.Г., Лукьянов В.Ф., Жак С.В. Имитационная модель прогнозирования качества сварных соединений при их выполнении неадаптивными роботами // Вестник ДГТУ. – 2006. – Т.6. - №4(31). – С.301-310.

Материал поступил в редакцию 30.10.06.

U.G. LUDMIRSKIY, M.V. SOLTOVETS, A.N. GRITSYNA

REALIZATION OF PRINCIPLES ORGANIZATIONAL – TECHNICAL DESIGNING OF ROBOTIZED COMPLEXES

We present the experience of developing weld technological complexes, applying the principles of organizational and technological design. We consider orga-

nization, technology and equipment of workshops for welding rotary harvester header cylinders.

ЛЮДМИРСКИЙ Юрий Георгиевич (р 1940), доктор технических наук (2002), профессор кафедры «Машины и автоматизация сварочного производства» Донского государственного технического университета. В 1962 году окончил Ростовский-на-Дону институт сельхозмашиностроения по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». В 1973 г. в МВТУ им. Н.Э. Баумана защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук.
Научные интересы лежат в области роботизации сварочного производства, разработки способов снижения сварочных деформаций, напряжений и повышения работоспособности сварных конструкций.
Опубликовал более 100 работ.

СОЛТОВЕЦ Марат Васильевич (р. 1942), доцент, кандидат технических наук (1984), работает на кафедре «Технология технического регулирования» Донского государственного технического университета. В 1969 году окончил Ростовский-на-Дону институт сельхозмашиностроения по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». В 1973 г. в МВТУ им. Н.Э. Баумана защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук.
Научные интересы лежат в области роботизации сварочного производства, исследования работоспособности сварных соединений, работающих в коррозионных средах, разработки систем качества.
Опубликовал более 80 работ.

ГРИЦЫНА Александр Николаевич (р. 1983), инженер, работает на кафедре «Машины и автоматизация сварочного производства» Донского государственного технического университета. В 2005 году окончил Ростовский-на-Дону государственный технический университет по специальности «Оборудование и технология сварочного производства».
Научные интересы лежат в области автоматизации и роботизации сварочного производства.
Опубликовал 3 работы.